

SHEYLA CARINE DA SILVA

**COMPARAÇÃO ENTRE O PONTO DE DEFLEXÃO DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA E OS LIMIARES VENTILATÓRIOS EM CORREDORES DE
LONGA DISTÂNCIA**

Artigo apresentado como Trabalho de
Conclusão de Curso em Especialização em
Ciência do Treinamento Desportivo do
Departamento de Educação Física da
Universidade Federal do Paraná.

Orientador Prof. Carlos Augusto Kalva Fo.

Curitiba

2013

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) com o limiar ventilatório (LV) e o ponto de compensação respiratório (PCR). Quatorze corredores (idade: 18 ± 1 anos), foram submetidos a um teste progressivo com incrementos de 1 km.h^{-1} a cada minuto. O PDFC e os limiares ventilatórios foram determinados de maneira visual. Os valores obtidos pelas três metodologias foram comparados por meio da análise de variância para medidas repetidas, seguida do post-hoc de Tukey, correlação de Pearson e análise de concordância ($p < 0,05$). As velocidades correspondentes ao PDFC ($12,8 \pm 0,7 \text{ Km.h}^{-1}$) foram significativamente superiores ao LV ($11,4 \pm 0,5 \text{ Km.h}^{-1}$) e inferiores ao PCR ($13,5 \pm 0,7 \text{ Km.h}^{-1}$). Além disso, o PDFC apresentou correlações apenas moderadas tanto com o LV ($r = 0,68$) como com o PCR ($r = 0,70$). Adicionalmente, a análise de concordância demonstrou que a diferença entre o PDFC e o LV pode cegar a $2,44 \text{ Km.h}^{-1}$, e em relação ao PCR o erro pode ser de até $1,62 \text{ Km.h}^{-1}$. Com isso, pode-se concluir que para corredores de longas distâncias o PDFC, determinado por meio de incrementos de 1 Km.h^{-1} a cada minuto, não pode ser utilizado para a estimativa exata dos limiares ventilatórios.

Palavras-chave: Ponto de deflexão da frequência cardíaca. Limiar Anaeróbio. Limiar ventilatório.

COMPARISON BETWEEN HEART RATE DEFLECTION POINT AND VENTILATORY THRESHOLDS IN DISTANTE RUNNERS

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the deflection point in heart rate (HRDP) with the ventilatory threshold (VT) and respiratory compensation point (RCP). Fourteen runners (age: 18 ± 1 years), underwent a test with progressive increments of 1 km.h^{-1} every minute. The HRDP and ventilatory thresholds were determined visually. The values obtained by the three methods were compared by analysis of variance for repeated measures followed by the Tukey post-hoc, Pearson correlation and concordance analysis ($p < 0.05$). The velocities corresponding to HRDP ($12.8 \pm 0.7 \text{ Km.h}^{-1}$) were significantly higher than the LV ($11.4 \pm 0.5 \text{ Km.h}^{-1}$) and lower than the PCR ($13.5 \pm 0.7 \text{ km.h}^{-1}$). Furthermore, the PDGF showed only moderate correlations with both LV ($r = 0.68$) and with PCR ($r = 0.70$). Additionally, the reliability analysis showed that the difference between the PDGF and can blind the LV 2.44 Km.h^{-1} , and compared to PCR error could be up to 1.62 Km.h^{-1} . Thus, it can be concluded that for the distance runners PDGF determined by increments of one-one Km.h^{-1} every minute, can not be used for accurate estimate of ventilatory threshold.

Key-words: Heart rate deflection point. Anaerobic threshold ventilatory thresholds.

INTRODUÇÃO

O limiar anaeróbio tem sido muito utilizado para avaliação aeróbia e prescrição do treinamento em varias modalidades ([PIRES](#) et al, 2005; [ESTEVE-LANAO](#) et al, 2007; [SEILLER](#) et al, 2006). Além disso, o limiar anaeróbio parece demarcar o limite entre os domínios fisiológicos moderado e pesado ([JONES & POODLE](#), 2005), sendo a máxima intensidade em que ocorre a estabilização das contribuições aeróbias ([BURNLEY](#) et al. 2006).

Embora existam vários métodos para a determinação do limiar anaeróbio, estudos têm utilizado as intensidades relativas ao primeiro limiar ventilatório (LV) e ao ponto de compensação respiratório (PCR), para a prescrição das intensidades de treinamento aplicadas a corredores ([ESTEVE-LANAO](#) et al, 2007; [SEILER & KJERLAND](#), 2006; [ESTEVE-LANAO](#) et al, 2005). Neste sentido, a partir das respostas ventilatórias, três zonas de intensidade podem ser estabelecidas (i.e. zona 1 (Z1): intensidades abaixo do LV, zona 2 (Z2): intensidades entre LV e PCR e zona 3 (Z3) intensidades a cima do PCR) ([ESTEVE-LANAO](#) et al, 2007).

No entanto, a determinação do LV e do PCR necessita de equipamentos muito caros e avaliadores especializados, dificultando a introdução destas variáveis na rotina de treinamento. Neste sentido, [Conconi](#) et al. (1982) prepuseram a estimativa do limiar anaeróbio por meio do ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC), que tem sido bem associado a outras metodologias de determinação do limiar anaeróbio ([CONCONI](#) et al, 1982;

[LÚCIA](#) et al, 2000; [WYATT](#) et al, 2005; [CELIK](#) et al, 2005; [DEBRAY & DEY](#) 2007).

Entretanto, alguns estudos não identificaram o PDFC durante o teste incremental ([TOKMAKIDS e LEGER](#) 1992; [RIBEIRO](#) et al 1985 ; [VACHON, BASSET & CLARCKE](#) 1999) e suas associações com o limiar anaeróbio ainda são discutidas ([VRIJEM e BURGOIS](#), 1998; [JONES & DOUST](#) 1997).

Com isso, embora o PDFC represente uma alternativa não invasiva, de baixos custos e fácil aplicação, mais estudos são necessários para que as possíveis associações entre este parâmetro e o limiar anaeróbio sejam elucidadas. Desse modo, o objetivo do presente estudo foi comparar os parâmetros fisiológicos associados ao PDFC aos obtidos nas intensidades relativas ao LV e ao PCR, em corredores de longa distância.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Participaram deste estudo 14 corredores do sexo masculino, com idade média de 18 ± 1 anos, estatura de $170,9 \pm 7,2$ cm, massa corporal de $66,8 \pm 6,0$ kg, $VO_{2MÁX}$ $3,32 \pm 0,3$ L.min⁻¹. Os corredores tinham uma frequência semanal de seis sessões com um volume de 70-85 Km.sem⁻¹. Todos os atletas foram informados sobre os riscos e benefícios do presente estudo e somente foram incluídos nas análises aqueles que concordaram por escrito com o termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos deste estudo foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Instituição (nº 177.846) e conduzido conforme os princípios da declaração de Helsinki.

Delineamento Experimental

Os voluntários foram submetidos a duas sessões de avaliação, separadas por um período mínimo de 24 horas. Na primeira visita os participantes realizaram medidas antropométricas e esforços de familiarização ao protocolo incremental. Os esforços de familiarização foram realizados com todo o equipamento e consistiram em 20s de corrida em cada estágio do teste incremental. Na segunda visita os voluntários foram submetidos ao teste incremental propriamente dito em esteira rolante (Inbramed Super Master ATL, Inbrasport, Porto Alegre, Brasil) para determinação do PDFC e dos limiares ventilatórios (LV e PCR).

Teste Incremental

Os participantes foram submetidos a um teste incremental realizado até exaustão, precedido de um aquecimento de 7min a 8 Km.h⁻¹, a velocidade inicial foi de 8,5 Km.h⁻¹ com incrementos de 1 Km.h⁻¹ a cada minuto. A inclinação da esteira foi mantida constante a 1%. Durante o teste, a frequência cardíaca (FC; Polar, vantage NV, Finlândia) e as variáveis ventilatórias e respiratórias (True-One 2400, ParvoMedics, East Sandy, Utah, USA) foram monitoradas constantemente respiração à respiração. Após a retirada dos *outliers*, todas as variáveis foram analisadas por meio da média a cada 15 segundos.

O VO_{2MAX} foi assumido como a maior média do consumo de oxigênio (VO₂) dos últimos 30s de exercício, quando pelo menos dois dos três seguintes critérios foram observados: 2) frequência cardíaca \geq 90% da máxima predita (220-idade); 3) coeficiente respiratório (QR) \geq 1,10 e 4) e variação no VO₂ entre o penúltimo e último estágio de exercício menor que 2,1 ml.kg.⁻¹.min⁻¹. A intensidade correspondente ao VO_{2MAX} (iVO_{2MAX}) foi considerada como a maior intensidade atingida durante o teste. No caso do atleta entrar em exaustão antes do término do estágio, a iVO_{2MAX} foi ajustada pela equação proposta por [Kuipers](#) et al (1985).

Determinação do PDFC

O incremento durante o teste incremental foi de 1 km.h⁻¹ para que a FC não tenha um aumento superior a 8 bpm, o que poderia comprometer a

determinação do PDFC ([CONCONI](#), et al, 1996). Os valores de FC observados foram plotados em função do tempo de esforço. O PDFC foi determinado pelo método visual sendo a moda entre três avaliadores assumida para as análises. O critério utilizado foi a intensidade na qual ocorre uma perda da linearidade observada entre a FC e o tempo de esforço. Assim como nos estudos de ([ESTEVE-LANAO](#) et al, 2007; [SENTIJA, VUCETI e MARKOVIC](#) 2007). Além da intensidade correspondentes ao PDFC, também foram determinados os valores de FC, consumo de O_2 (VO_2) e percentual da iVO_{2MAX} ($\%iVO_{2MAX}$).

Determinação dos Limiares Ventilatórios

Os equivalentes ventilatórios de O_2 (VE/VO_2) e de CO_2 (VE/VCO_2) foram plotados separadamente em função do tempo para a determinação do LV e do PCR, respectivamente. O critério adotado para a determinação de ambos os limiares ventilatórios foi o último a partir do qual foi observado um aumento abrupto e contínuo da relação. O valor da moda entre três avaliadores foi utilizado para as análises. Além da intensidade correspondentes aos limiares, também foram determinados os valores de FC, VO_2 e $\%iVO_{2MAX}$.

Tratamento Estatístico

Os resultados estão apresentados em média \pm desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada e confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk e a esfericidade, quando necessário, foi testada pelo teste de Mauchley, o que permitiu a utilização de estatística paramétrica. Os valores de LV, PCR e PDFC, foram comparados por meio da análise de variância para medidas repetidas seguida do post-hoc de Tukey, quando necessário. Além disso, as

possíveis correlações entre os limiares e a concordância entre os valores, foram testadas pelo teste de correlação de Pearson e pela análise gráfica de [Bland-Altman](#) (1983), respectivamente. Para todas as análises o nível de significância foi fixado em $p < 0,05$.

RESULTADOS

O $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ foi de 49,7 (3,0) $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e a $\text{iVO}_{2\text{MAX}}$ foi de 16,4 (0,9) Km.h^{-1} . Além disso, os valores máximos de FC e QR foram de 197,6 (6,4) bpm (98,0 (3,3) % da FC máxima para a idade) e 1,3 (0,07), respectivamente.

Os valores correspondentes aos limiares ventilatórios e ao PDFC estão apresentados na tabela 1. Em todos os participantes a frequência cardíaca perdeu a linearidade em algum momento do teste incremental. Todas as variáveis relacionadas ao PDFC foram significativamente superiores às observadas no LV e inferiores aos parâmetros do PCR ($p < 0,05$). Correlações apenas moderadas foram observadas entre a intensidade e o VO_2 correspondentes aos limiares ventilatórios e o PDFC. A FC foi fortemente correlacionada entre os métodos. Entretanto, os $\% \text{iVO}_{2\text{MAX}}$ correspondentes ao PCR e o PDFC, não foram correlacionados significativamente. Todas as correlações estão apresentadas na tabela 2.

A análise de concordância apresentou dispersões homogêneas e não tendenciosas para todas as variáveis. O erro médio observado foi superior nas comparações entre PDFC e LV em relação ao PCR. Entretanto, foram observados limites de concordância bastante amplos entre o PDFC e ambos os limiares ventilatórios, demonstrando uma grande variabilidade entre as medidas. Todas as análises de concordância estão apresentadas na figura 1.

Tabela 1. Valores médios (desvio padrão), das variáveis relacionadas ao primeiro (LV1) e segundo (LV2) limiares ventilatórios e ao ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC).

	LV1	LV2	PDFC
Velocidade (Km.h ⁻¹)	11,4 ± 0,5	13,5 ± 0,7*	12,8 ± 0,7*
FC (bpm)	160,9 ± 12,3	175,4 ± 15,3*	170,9 ± 14,2*
VO ₂ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	35,9 ± 1,7	41,7 ± 2,4*	39,9 ± 2,3*
%iVO _{2MAX}	69,2 ± 4,0	81,6 ± 2,4*	78,1 ± 3,0*

FC: frequência cardíaca; VO₂: consumo de O₂; %iVO_{2MAX}: percentual em relação a intensidade do máximo VO₂; * Diferença significativa em relação aos outros dois métodos (p<0,05).

Tabela 2. Coeficientes de correlação observados entre o primeiro (LV1) e segundo (LV2) limiares ventilatórios e o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC).

	PDFC			
	Velocidade	FC	VO ₂	%iVO _{2MAX}
LV1	0,68*	0,96*	0,80*	0,74*
LV2	0,70*	0,94*	0,64*	0,37

FC: frequência cardíaca; VO₂: consumo de O₂; %iVO_{2MAX}: percentual em relação a intensidade do máximo VO₂; * Correlação significativa entre as variáveis (p<0,05).

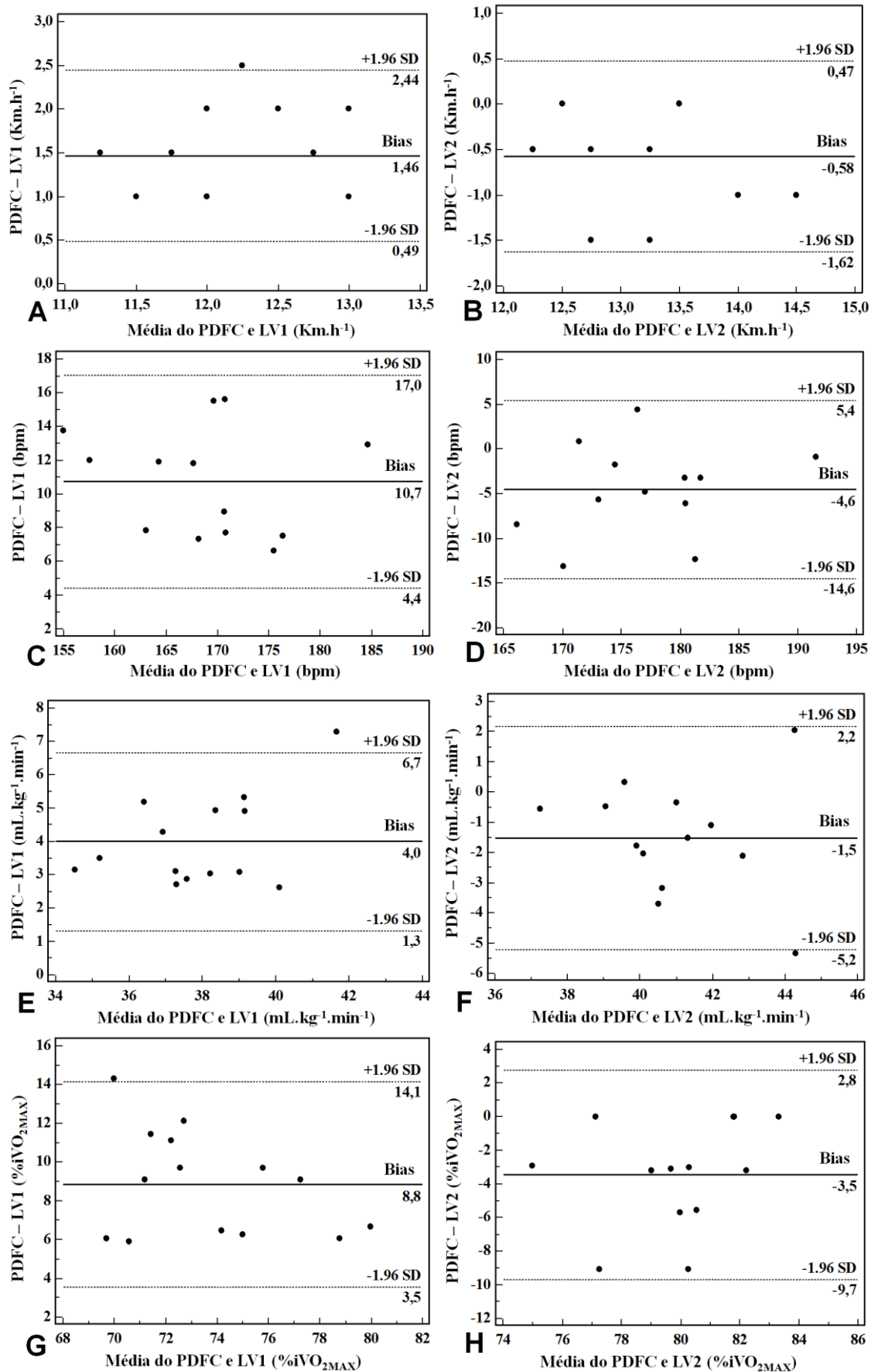


Figura 1. Análise da concordância entre o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) e o primeiro (LV1) e segundo (LV2) limiares ventilatórios, para as respectivas intensidades (A e B), frequências cardíacas (C e D), consumo de O₂ (E e F) e percentual da intensidade de consumo máximo de O₂ (G e H). As linhas cheias horizontais representam as diferenças médias entre as duas situações e as linhas tracejadas os limites superior e inferior do intervalo de confiança de 95%.

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo demonstram que as variáveis fisiológicas relacionadas PDFC foram significativamente diferentes e apresentaram correlações apenas moderadas em relação aos parâmetros evidenciados no LV e no PCR. Além disso, foram observados limites de concordância bastante amplos entre as metodologias, demonstrando uma grande variabilidade das medidas.

[Conconi](#) et al (1982), observaram correlações muito fortes ($r = 0,99$) entre o PDFC e o limiar anaeróbio determinado por meio das concentrações sanguíneas de lactato em 210 corredores de longa distância. Além disso, [Debray & Dey](#) (2007), comparando o VO_2 correspondente ao PDFC e ao PCR em 26 jovens (10 – 14 anos), observaram valores semelhantes e muito fortemente correlacionados ($r = 0,94$).

Entretanto, os achados supracitados não foram evidenciados por vários outros estudos utilizando a corrida ([LEGER & TOMAKIDIS](#), 1988; [TOMAKIDIS & LEGER](#), 1992; [VACHON](#) et al. 1999). Neste sentido, [Vachon](#) et al. (1999), utilizando um teste incremental semelhante ao presente estudo (i.e. incrementos a cada minuto) observaram valores significativamente diferentes e moderadas correlações ($r = 0,69$) entre o PDFC e o limiar anaeróbio determinado por meio das concentrações de lactato. Além disso, [Bourgois](#) et al. (2004) além de diferenças significativas e moderadas correlações ($r = 0,69$), também demonstraram que apenas 36,3% dos participantes apresentaram estabilização nas concentrações de lactato durante um esforço de 30 min realizado na intensidade correspondente ao PDFC.

Concordando com os achados supracitados, a presente investigação além de demonstrar diferenças significativas, evidenciou que o PDFC foi capaz de explicar apenas 46% da variação na intensidade relativa ao LV ($r=0,68$) e 49% da variação observada para PCR ($r=0,70$). Além disso, os limites de concordância apresentaram uma grande amplitude, demonstrando que os valores do PDFC podem apresentar diferenças de até $2,44 \text{ Km.h}^{-1}$ e de $1,62 \text{ Km.h}^{-1}$ em relação ao LV e ao PCR, respectivamente.

[Esteve-Lanao](#) et al. (2007), propuseram a identificação de três “zonas” de treinamento baseadas no LV e no PCR, prescrevendo as intensidades por meio da FC relativa aos limiares ventilatórios. Neste sentido, os achados do presente estudo indicam que o PDFC não pode ser utilizado para a identificação exata do LV ou do PCR, impossibilitando a determinação do limite superior da Z1 e inferior da Z3. Entretanto, o PDFC identificado na presente investigação ficou entre os dois limiares ($113,0 \pm 4,5\%$ do LV e $95,8 \pm 3,8\%$ do PCR), representando uma intensidade segura para a prescrição do treinamento em Z2.

Embora a presente investigação tenha identificado o PDFC em todos os participantes (i.e. perca de linearidade da relação FC pelo tempo), alguns estudos observaram um comportamento completamente linear da FC durante o teste incremental ([TOKMAKIDS e LEGER](#) 1992; [RIBEIRO](#) et al 1985; [VACHON, BASSET & CLARCKE](#) 1999), contrariando os achados de [Conconi](#) et al. (1982). Neste sentido, a duração dos estágios pode influenciar tanto na cinética da FC durante o teste incremental ([MACHADO](#) et al. 2012), como nas associações do PDFC com os métodos de determinação do limiar anaeróbio ([VACHON](#) et al. 1999). Entretanto, a magnitude das alterações causadas por diferentes testes incrementais sobre o PDFC e, consequentemente, suas

associações com o limiar anaeróbio, ainda não estão completamente esclarecidas na literatura.

Em resumo a presente investigação demonstrou que o PDFC, determinado por meio de um teste progressivo com incrementos de 1 Km.h^{-1} a cada minuto, não pode ser utilizado para a estimativa exata tanto do LV como do PCR, impossibilitando a utilização desta metodologia para a prescrição do treinamento em Z1 e Z3, conforme proposto por [Esteve-lanao](#) et al. (2007). Entretanto, por apresentar valores médios superiores a LV e inferiores ao PCR, o PDFC parece ser uma intensidade segura para a prescrição do treinamento em Z2.

REFERÊNCIAS

1. BLAND, J.M.; AND ALTMAN, D.G.; Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet** 1, 307-310,1986.
2. BOURGOIS, J.;& VRIJENS, J. The conconi test: a controversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers. **International Journal of Sports Medicine**, 19, 553-559, 1998.
3. BOURGOIS J.; COOREVITS P.; DANNEELS L.;WITVROUW E.;CAMBIER D.; VRIJENS J. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate concepts during cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 18 (3): 498-503, 2004.
4. BURNLEY M.; DOUST JH.; VANHATALO A . A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. **Medicine Science Sports Exercise** 38:1995–2003,2006.
5. CONCONI F.;FERRARI M.; ZIGLIO PG.; DROGHETTI P, CODECA L Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **Journal Applied Physiology**, bethesda ;52(4):869-73, 1982
6. CONCONI, F.; Reproducibility of the conconi test: test repeatability and observers variations. **International Journal of Sports and Medicine**, v. 17; 520-524, 1996.
7. ÇELİK, Ö.; KOSAR, S.N.; KORKUSUZ, F.; BOZKURT, M. Reliability and validity of the modified conconi test on concept ii rowing ergometers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19 (4); 871-877, 2005.
8. DEBRAY, P.; DEY, S.K. A comparison of the point of deflection from linearity of heart rate and the ventilatory threshold in the determination of the anaerobic threshold in indian boys. **Journal of Physiology Anthropology**, 26 (1): 31–37, 2007.
9. ESTEVE-LANAO, J.; A.F. SAN JUAN, C.P.; EARNEST, C.; FOSTER, AND A. LUCIA. How do endurance runners actually train? Relationship

- with competition performance. **Medicine Science Sports Exercise**. 37:496–504. 2005.
10. ESTEVE-LANAO, J.; FOSTER, C.; SEILER, S.; LUCIA, A. **Impacto of training intensity distribution on performance in endurance athletes. Journal of Strength and Conditioning Research**, 21 (3), 943-949. 2007.
 11. JONES, A. M.; and D. C. POOLE. Introduction to oxygen uptake kinetics and historical development of the discipline. In: **Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine**, A. M. Jones and D. C. Poole (Eds.). London: Routledge, pp. 4–35, 2005.
 12. JONES, A. M.; DOUST, J. H. The conconi test is not valid for estimation of the lactate turnpoint in runners. **Journal of Sports Sciences**, v. 15, n. 4, p. 385-94, 1997.
 13. KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F.T.J.; KEIZER, H.A.; GUERTEN, P.; Van Kranenburg, G. Variability of anaerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, p.197-201, 1985.
 14. LUCÍA, A.; CARVAJAL, A.; PEREZ M.; BORAITA, A.; SERRATOSA, L.; CHICHARRO, J.L. Heart rate responses during incremental exercise in master runners. **Japanese Journal of Physiology**, v. 50, 155-158, 2000.
 15. LEGER, L.; AND S. TOKMAKIDIS. Use of the heart rate deflection point to assess the anaerobic threshold. **Journal Applied. Physiology**. 64: 1758–1759, 1988.
 16. MACHADO, F.A.; KRAVCHYCHYN A.C.; PESERICO C.S.; DA SILVA D.F.; MEZZAROBBA P.V. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests. **J Sciences Medicine Sports**. Sep 4 2012.
 17. PIRES, F.O.; LIMA-SILVA, A.E.; GAGLIARDI, J.F.L.; BARROS, R.V.; DEGAKI, E.; KISS, M.A.P.D.M. Possibilidades da ocorrência dos 1º e 2º limiares ventilatórios em cargas de trabalho coincidentes, durante protocolo progressivo com incrementos de longa duração. **Revista Brasileira Cineantropometria Movimento**, 13. 2005.

18. RIBEIRO, J.P.; FIELDING, R.A.; HUGHES, V.; BLACK, A.; BOCHESE, M.A.; KNUTTGEN, H.G. Heart rate break point may coincide with the anaerobic threshold and not aerobic threshold. **International Journal Sports Medicine**, v.6, p.220-224, 1985.
19. SEILER, K.S.; AND G.O. KJERLAND. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an 'optimal' distribution? **Scand. Journal Medicine Sciences Sports** 16:49–56. 2006.
20. SENTIJA, D.; VUCETIC, V. MARCOVIK, G. Validity of the modified Conconi running test. **Journal Sports Medicine** ,28. 1006- 1011. 2007.
21. TOKMAKIDIS, S. P., AND L. A. LEGER. Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate “threshold” points and relationship to performance. **European Journal Applied Physiology** 64: 309–317, 1992.
22. VACHON JA, BASSETT DR JR, CLARKE S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. **Journal Applied Physiology** 1999 Jul;87(1):452-9.
23. WYATT, F.; GODOY, S.; AUTREY, L.; MCCARTHY, J.; HEIMDAL, J. Using a logarithmic regression to identify the heart rate threshold in cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.19, n. 4, p. 838-841, 2005